

ПОЛУЧЕНИЕ АНАЛОГОВОГО СИГНАЛА ПРИ ПОМОЩИ ЦИФРОВЫХ ВЫВОДОВ МК

Гринчак Н.В.¹, Кузьмичева Е.В.²,

¹Уманский национальный университет садоводства,

²Харьковский национальный университет городского хозяйства
имени А. Н. Бекетова

При изучении микроконтроллерных систем рано или поздно встает задача получения аналогового сигнала на выходе МК общего применения. Несмотря на большую универсальность, возможности аналогового вывода у микроконтроллеров общего применения ограничены. В их составе отсутствует цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Преобразовать цифровой код в аналоговую величину в общем случае можно с помощью схемы приведенной на рисунке 1 [1].

Делитель напряжения, состоящий из набора резисторов $R1...R8$, подключенных к порту микроконтроллера. Номинал каждого последующего резистора в 2 раза больше предыдущего $R_N = 2(N - 1) * R$, где N – индекс, R – опорный номинал.

Теоретически получается 28 шагов регулировки, что соответствует 8-разрядному ЦАП. На практике перекрыть весь диапазон $0...V_{CC}$ не удастся, и всегда будут иметься зоны “замирания” напряжения из-за разброса номиналов $R1...R8$. Шаг установки $V_{CC} / 256$ по этой же причине также не будет постоянной величиной. Для большей точности работы ЦАП (рис.1) необходимо использовать высокоимпедансную нагрузку.

Другим способом формирования аналоговых сигналов является использование широтно-импульсной модуляции (ШИМ).

Выходные сигналы ШИМ микропроцессора представляют собой сигналы прямоугольной формы с изменяемым коэффициентом заполнения и амплитудой V_{CC} . Каждый из этих сигналов может быть разложен на постоянную составляющую и сигнал прямоугольной формы с тем же коэффициентом заполнения и усреднённой по времени амплитудой, равной нулю. Графически это показано на рисунке 2. Амплитуда постоянной составляющей прямо пропорциональна коэффициенту заполнения сигнала ШИМ [2].

Идея, на основе которой можно получить цифро-аналоговый выходной сигнал из сигнала ШИМ, заключается в использовании аналогового фильтра

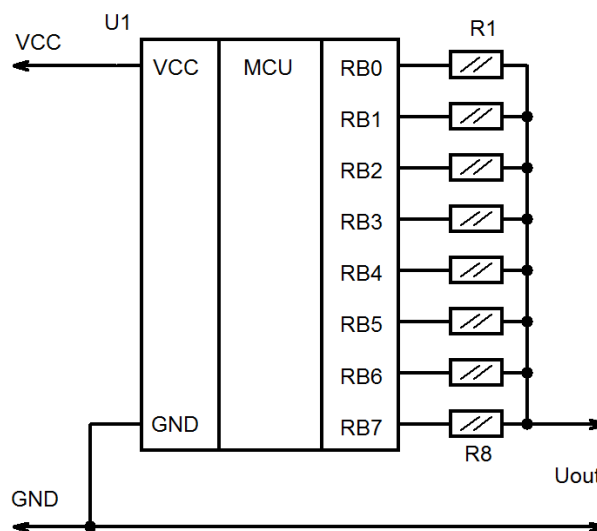


Рис. 1 – Простой 8-разрядный ЦАП

нижних частот для устранения высокочастотной составляющей с сохранением, в идеале, только постоянной составляющей. Эта идея отражена на рисунке 3.

Полоса пропускания фильтра нижних частот (ФНЧ) будет определять полосу пропускания цифро-аналогового преобразователя.

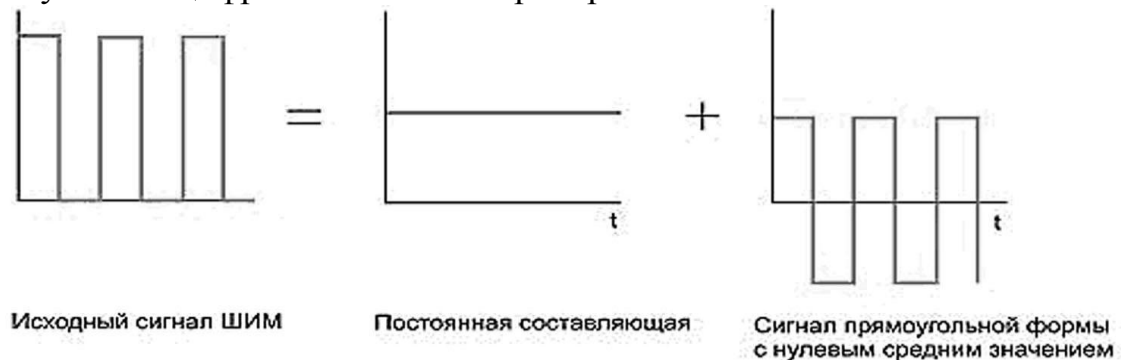


Рис. 2 – Разложение сигнала ШИМ



Рис. 3 – Аналоговая фильтрация сигнала ШИМ

Идея реализации ЦАП на базе ШИМ не нова [3], но ограничения по производительности лимитировали её применение в устройствах с низкой разрешающей способностью и небольшой полосой пропускания. Одним из способов уменьшения этой проблемы является повышение частоты сигнала ШИМ. Модули ШИМ, входящие в состав микропроцессоров семейства PIC24Fxx, позволяют преодолеть ограничения по производительности и реализовать ЦАП на практике. На рисунке 4 приведено два примера, в которых управляющий ШИМ-сигнал используется для регулировки напряжения (рис.4а) и тока (рис.4б). В первом случае напряжение на сопротивлении нагрузки U_L будет:

$$U_L = [R2 / (R2 + R1)] * [(R3 + R4) / R4] * V_{CC}$$

Если выбрать $R1 / R2 = R3 / R4$, то U_L будет в точности следовать за средним значением напряжения на выводе ШИМ микроконтроллера.

При управлении током напряжение ошибки снимается с шунта $R3$ и подается на инвертирующий вход операционного усилителя. Влияние ООС приводит к равенству напряжений

$$U_{+IN} = U_{-IN} = I_L * R3$$

где U_{+IN} , U_{-IN} – напряжение на неинвертирующем и инвертирующем входе DA1 соответственно, I_L – ток в нагрузке.

Для схемы на рис.4б ток в нагрузке будет равен:

$$I_L = U_{-IN} / R3 = [R2 / (R1 + R2) * R3] * V_{CC}$$

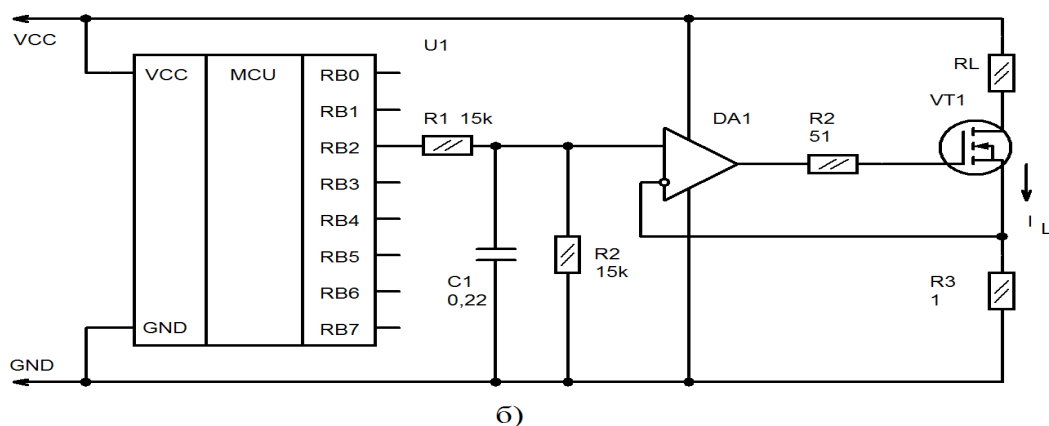
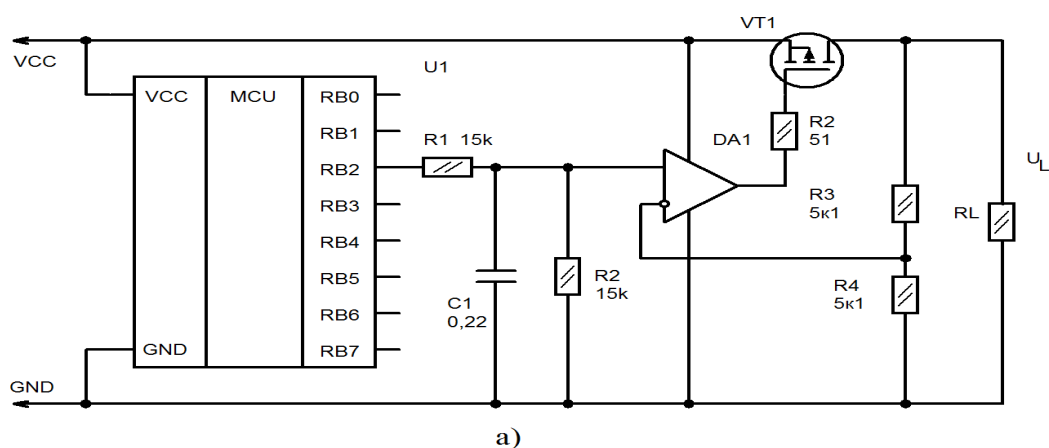


Рис. 4 – ЦАП на основе ШИМ

Для экспериментов с ЦАП использовался спроектированный авторами микроконтроллерный модуль LMaPIC24-44MPU [1].

Литература

1. <http://digteh.ru/digital/DAC/> - Цифроаналоговые преобразователи (ЦАП) с суммированием токов
2. Гринчак Н. В., Кузьмичева Е.В. Стенд для изучения микроконтроллеров // Технологический аудит и резервы производства. Издательство: Технологический центр (Харьков) ISSN: 2226-3780. - 2013. - №4 (14). - С. 15-17
3. Застосування ЦАП - <http://vozom.ho.ua/Dac/page51.html>